

V. Pole magnetyczne

Pole magnetyczne wytwarzają magnesy trwałe oraz obwody z prądem elektrycznym. W gruncie rzeczy powstawanie pola magnetycznego zawsze można sprowadzić do ruchu cząstek naładowanych (najczęściej elektronów) i ponadto do ich tzw. momentu spinowego (czyli momentu pędu własnego).

Pole magnetyczne \mathbf{B} definiujemy przez siłę działającą na poruszający się ładunek:

Jeżeli dodatni ładunek próbny q_0 porusza się w stronę punktu P z prędkością \mathbf{v} i jeżeli na ten ładunek działa odchylająca siła \mathbf{F} , to w punkcie P istnieje pole magnetyczne o indukcji \mathbf{B} , zdefiniowane następującym równaniem:

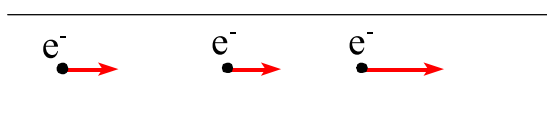
$$\mathbf{F} = q_0 \mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (112)$$

Siłę zdefiniowaną powyżej nazywamy siłą Lorentza.

W istocie swej, pole magnetyczne jest poprawką relatywistyczną do pola elektrycznego i w związku z tym, można by go nie definiować jako osobnego pojęcia. Niemniej, byłoby to wysoce niewygodne w licznych praktycznych zastosowaniach. Dlatego też, pole magnetyczne definiujemy poprzez siłę Lorentza.

Przewodnik z prądem w polu magnetycznym

Pole magnetyczne odchyła poruszający się ładunek. Ponieważ prąd jest zbiorem takich ładunków to spodziewamy się, że będzie ono również odchylało przewodnik, w którym płynie prąd i .



Stwierdza się, że na taki przewodnik działa siła:

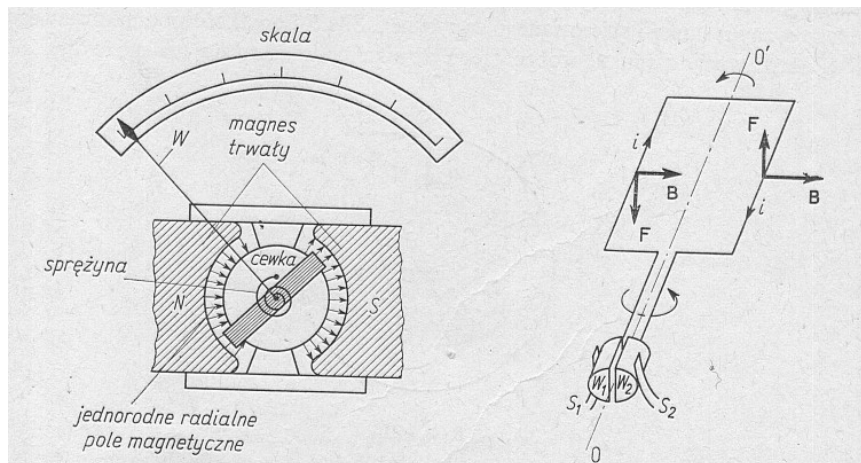
$$\mathbf{F} = i \mathbf{l} \times \mathbf{B} \quad (113)$$

gdzie \mathbf{l} jest wektorem skierowanym zgodnie z kierunkiem prądu elektrycznego i o długości równej długości przewodnika.

Jeśli przewodnik nie jest prostoliniowy, to siłę działającą na element jego długości $d\mathbf{l}$ wyliczamy zgodnie z relacją:

$$d\mathbf{F} = i d\mathbf{l} \times \mathbf{B} \quad (114)$$

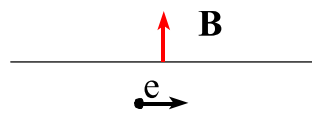
Zauważmy, że na występowaniu siły działającej na przewodnik z prądem w polu magnetycznym oparte jest działanie mierników elektrycznych (np. amperomierzy) oraz silników elektrycznych - Rys. 30.



Rys. 30. Zasada działania amperomierza (po lewej) oraz silnika prądu stałego (po prawej).

Wyprowadzenie Równ. 113:

Prąd w metalowym przewodniku jest przenoszony przez swobodne elektrony. Jeśli przez n oznaczmy liczbę elektronów w jednostce objętości przewodnika, to wielkość średniej siły działającej na pojedynczy elektron dana jest wzorem (założmy, że wektor indukcji pola magnetycznego jest prostopadły do przewodnika):



$$F'_e = ev_u B$$

Korzystając ze wzoru na gęstość prądu:

$$j = nev_u$$

wyliczamy v_u i podstawiamy do poprzedniego równania:

$$F'_e = eB \frac{j}{ne} = \frac{jB}{n}$$

Drut o długości l zawiera nSl swobodnych elektronów (gdzie Sl jest objętością części przewodnika o przekroju S i długości l), czyli całkowita siła działająca na swobodne elektrony w przewodniku to:

$$F = (nSl)F'_e = nSl \frac{jB}{n}$$

Ponieważ: $i = jS$, więc:

$$F = ilB \quad (115)$$

co jest równoważne z Równ. 113 w przypadku pola B skierowanego prostopadle do przewodnika.

Efekt Halla

W roku 1879 E. H. Hall przeprowadził doświadczenie, które pozwala określić znak ładunku